

**Steering adjuster, especially for steer-by-wire use in cars has electronic control system with gearbox and motor subdivided into two functionally similar subsystems for generation of adjusting signal****Publication number:** DE19833460 (A1)**Also published as:****Publication date:** 2000-01-27 JP2000043749 (A)**Inventor(s):** HOMMEL MATHIAS [DE] +**Applicant(s):** BOSCH GMBH ROBERT [DE] +**Classification:****- international:** B62D6/00; B62D5/00; B62D5/04; B62D6/00; B62D5/00;  
B62D5/04; (IPC1-7): B62D6/00; B62D1/16; B62D5/30;  
B62D113/00**- European:** B62D5/00B; B62D5/00B2**Application number:** DE19981033460 19980724**Priority number(s):** DE19981033460 19980724**Abstract of DE 19833460 (A1)**

A steering adjuster, especially for steer-by-wire use in cars, has an electronic control system which generates steering signals for an electric adjusting motor (51,52) that acts upon the steering arm of a linked axle via a step-down gearbox (41,42). The control system has a process computer (81,82) passing adjusting signals to the motor via a current controller (71,72) and a power end stage (61,62). The electronic control system with the gearbox and the motor is subdivided into two functionally similar subsystems for the generation of an adjusting signal for the pertinent motor. The two steering angles adjusted via the respective gearbox of each adjusting motor are superimposed by a common superposition gearbox (3) connected to the output sides of the step-down gearboxes. The resulting steering angle is passed to the steering arm. The two subsystems are arranged and connected together functionally so that they form an error-tolerant steering adjuster.

---

Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND  
  
DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 198 33 460 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 62 D 6/00**  
B 62 D 5/30  
B 62 D 1/16  
// B62D 113:00

(21) Aktenzeichen: 198 33 460.5  
(22) Anmeldetag: 24. 7. 1998  
(43) Offenlegungstag: 27. 1. 2000

**DE 198 33 460 A 1**

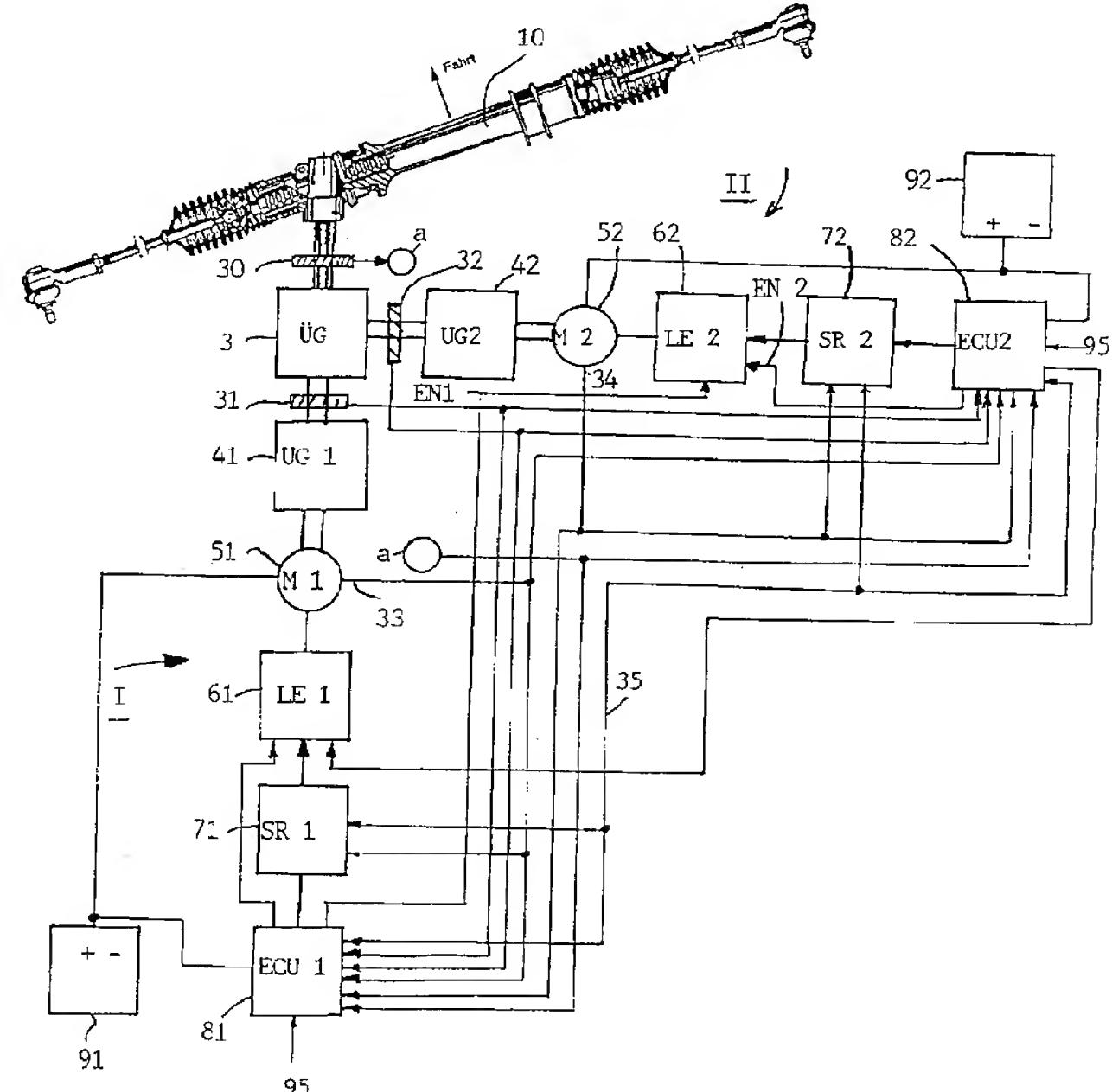
(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Hommel, Mathias, 70825 Korntal-Münchingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Fehlertoleranter Lenksteller

(57) Die Erfindung betrifft einen Lenksteller, insbesondere für die Steer-by-wire Anwendung in Kraftfahrzeugen, mit einem elektronischen Regel/Steuerwerk, das Lenksignale für einen elektrischen Stellmotor (51, 52) erzeugt, der über ein Untersetzungsgetriebe (41, 42) am Lenkstock einer gelenkten Achse angreift, wobei das Regel/Steuerwerk einen dem Stellmotor (51, 52) über einen Stromregler (71, 72) und eine Leistungsstufe (61, 62) Stellsignale zuführenden Prozeßrechner (81, 82) aufweist, der dadurch gekennzeichnet ist, daß (Figur) das elektronische Regel/Steuerwerk mit dem Untersetzungsgetriebe (41, 42) und dem Stellmotor (51, 52) in zwei funktionell gleichartige Subsysteme (I, II) unterteilt ist, zur Erzeugung jeweils eines Stellsignals für den zugehörigen Stellmotor (51, 52), die beiden von jedem Stellmotor (51, 52) über das jeweilige Untersetzungsgetriebe (41, 42) eingestellten Lenkwinkel durch ein gemeinsames an den Abtriebsseiten der Untersetzungsgetriebe (41, 42) angeschlossenes Überlagerungsgetriebe (3) überlagert werden und der resultierende Lenkwinkel dem Lenkstock zugeführt wird, und die beiden Subsysteme (I, II) so eingerichtet und untereinander funktionell so verbunden sind, daß sie einen fehlertoleranten Lenksteller bilden.



## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft einen Lenksteller, insbesondere für die Steer-by-wire Anwendung in Kraftfahrzeugen, mit einem elektronischen Regel-/Steuerwerk, das Lenksignale für einen elektrischen Stellmotor erzeugt, der über ein Untersetzungsgetriebe am Lenkstock einer gelenkten Achse angreift, wobei das Regel-/Steuerwerk einen dem Stellmotor über einen Stromregler und eine Leistungsendstufe Stellsignale zuführenden Prozeßrechner aufweist.

Ein derartiger Lenksteller ist z. B. aus der DE 195 40 956 bekannt. Bei einem Fahrzeug mit Steer-by-wire-Einrichtung, wo es keine mechanische Verbindung zwischen Lenkrad und Lenkgetriebe mehr gibt, muß Sorge dafür getragen werden, daß der Lenksteller fehlertolerant ist. Derzeit bekannte Lenksysteme zeichnen sich dadurch aus, daß bei einem Fehler in der Hilfskraftlenkeinrichtung oder der automatischen Lenkeinrichtung diese zusätzliche Einrichtung abgeschaltet wird und der Fahrer dann durch die Lenksäule einen mechanischen Durchgriff (mechanische Rückfallebene) zu den zu lenkenden Rädern hat.

## Aufgaben und Vorteile der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, einen für einen Steer-by-wire-Einsatz geeigneten Lenksteller anzugeben, der durch seine Konstruktion und Auslegung ein fehlertolerantes Verhalten aufweist, d. h. auch beim Auftreten eines Fehlers voll funktionsfähig bleibt.

Dadurch, daß erfindungsgemäß das elektronische Regel-/Steuerwerk mit dem Untersetzungsgetriebe und dem Stellmotor in zwei funktionell im wesentlichen gleichartige Subsysteme unterteilt ist zur Erzeugung jeweils eines Stellsignals für den zugehörigen Stellmotor, daß die beiden von jedem Stellmotor über das jeweilige Untersetzungsgetriebe eingestellten Lenkwinkel durch ein an den Abtriebsseiten der Untersetzungsgetriebe angeschlossenes gemeinsames Überlagerungsgetriebe überlagert und der resultierende Lenkradwinkel dem Lenkstock zugeführt wird und dadurch daß die beiden Subsysteme so eingerichtet und untereinander funktionell so verbunden sind, daß sie Fehlertoleranz aufweisen, läßt sich dieser fehlertolerante Lenksteller für steer-by-wire-Anwendungen im Kraftfahrzeug sowohl bei herkömmlichen Zahnstangenlenkungen als auch bei herkömmlichen Spurstangenlenkungen verwenden.

Dort, wo bei einer herkömmlichen Zahnstangenlenkung das Ritzel des Lenkrohrs eingreift, greift nun das Ritzel des erfindungsgemäßen Lenkstellers ein. Analog ist es bei einer herkömmlichen Spurstangenlenkung, wie sie bei Einzelradaufhängung der gelenkten Räder eingesetzt wird.

Bei dem nachstehend anhand der einzigen Figur gezeigten Ausführungsbeispiel wird der erfindungsgemäße Lenksteller bei einer herkömmlichen Zahnstangenlenkung eingesetzt. Selbstverständlich ist dem Fachmann geläufig, daß dieselbe Konstruktion dieses Lenkstellers auch für eine herkömmliche Spurstangenlenkung verwendet werden kann.

## Ausführungsbeispiel

Die Figur zeigt blockschaltbildartig die wesentlichen Komponenten des erfindungsgemäßen fehlertoleranten Lenkstellers und deren funktionelle Verbindung.

Wie gesagt, greift das Ritzel des fehlertoleranten Lenkstellers an der Zahnstangenlenkung dort an, wo sonst das Ritzel des Lenkrohrs eingreift. Zu bemerken ist, daß der für den Fahrer notwendige Aktuator, der ihm die Rückmeldung

über die Lenkbewegungen adäquat zum heutigen Lenkrad mit mechanischem Durchgriff zu den gelenkten Rädern gibt, nicht Gegenstand der Erfindung ist.

Der in der Figur dargestellte Lenksteller weist ein in zwei

- 5 Subsysteme I, II unterteiltes elektronisches Regel-/Steuerwerk mit jeweils einem an der Ausgangsseite eines Stellmotors (M1, M2) **51, 52** angeschlossenen Untersetzungsgetriebe (UG1, UG2) **41, 42**, deren Ausgangswinkel in einem gemeinsamen Überlagerungsgetriebe (ÜG) **3** überlagert werden. Die Abtriebswelle des ÜG ist über einen Winkelsensor **30** an das Ritzel der Zahnstangenlenkung **10** geführt. Die vom ÜG3 addierten Winkel der beiden Subsysteme I und II werden von Winkelsensoren **31, 32** erfaßt. Bei der Konstruktion des ÜG3 wird von derselben Lebensdauer und 15 MTBF (mean time between failure) ausgegangen, wie bei der Konstruktion herkömmlicher Lenkstäcke oder Lenkräder. Vom ÜG3 werden also einerseits der Winkel, der durch das aus den Komponenten **31, 41, 51, 61, 71, 81, 91** bestehende Subsystem I erzeugt wird, wie er vom Winkelsensor **31** gemessen wird, und andererseits der durch das aus den Komponenten **32, 42, 52, 72, 82, 92** bestehende Subsystem II erzeugte Winkel, wie er vom Winkelsensor **32** gemessen wird, überlagert. Der resultierende Winkel ist der an der Abtriebswelle des Übersetzungsgetriebes **3** auftretende Winkel, wie er vom gemeinsamen Winkelsensor **30** meßbar ist.

Alle Winkelsensoren, insbesondere die den beiden Subsystemen I und II zugeordneten Winkelsensoren **31, 32** beruhen auf verschiedenen physikalischen Meßprinzipien, um die Fehlertoleranz des Systems zu erhöhen.

- 30 Im einzelnen besteht jedes Subsystem aus je einem Untersetzungsgetriebe UG1 bzw. UG2 **41, 42**, welches die Aufgabe hat die vom elektrischen Stellmotor M1 bzw. M2 **51, 52** erzeugte Drehzahl zu reduzieren. UG1 und UG2 sind als selbsthemmende Getriebe (z. B. als Schneckengetriebe) 35 ausgeführt, damit Momente von der Straße und des einen Stellmotors nicht in den anderen Stellmotor zurückwirken und diesen verdrehen. Selbstverständlich können UG1 und/oder UG2 durch konstruktive Maßnahmen im ÜG3 integriert sein.

- 40 Die Stellmotoren **51, 52** sind von der Momentenseite her so dimensioniert, daß sie die Lenkaufgabe vollständig allein lösen können. Dadurch entsteht eine fail-safe-Eigenschaft.

- 45 Die M1, M2 **51, 52** jedes Subsystems I, II werden jeweils durch eine Leistungsendstufe (LE1, LE2) **61, 62** angesteuert, die ihrerseits ihr Freigabesignal EN1, EN2 von beiden Prozeßrechnern (ECU 1, ECU 2) **81, 82** bekommt. Dabei ist das Freigabesignal EN1, EN2 von der jeweils nicht zum Subsystem gehörenden anderen ECU priorisiert, um im Falle eines Defekts der ECU des eigenen Subsystems die jeweils Leistungsendstufe **61** bzw. **62** selbst ansteuern zu 50 können. Dies hat den Vorteil, daß bei Ausfall der einen ECU die jeweils andere ECU die Ansteuerung von M1 und M2 **51, 52** vornehmen kann.

- 55 Die LE1, LE2 **61, 62** erhalten ein vom SR1 bzw. SR2 **71, 72** durch Vergleich von Soll- und Iststromstärke erzeugtes, der Motor-Soll-Ankerspannung entsprechendes Signal. Die Soll-Stromstärke für SR1 **71** wird von einem Motorstromsensor **33** geliefert. Die Ist-Stromstärke für SR2 **72** wird von einem Stromsensor **34** am Stellmotor **52** geliefert. Beide 60 Stromsensoren **33, 34** beruhen auf einem unterschiedlichen physikalischen Meßprinzip, damit die Fehlertoleranz erhöht wird. Die Soll-Stromstärke für SR1 **71** wird wahlweise von ECU 1 **81** direkt (Normalbetrieb) oder von ECU 2 **82** über ein Bussystem **35** (Notfunktion) vorgegeben. Die Soll-Stromstärke für SR2 **72** wird wahlweise direkt von ECU **82** (Normalbetrieb) oder (bei Notfunktion) von ECU 1 **81** über das Bussystem **35** vorgegeben. Die ECU 1 **81** bzw. ECU 2 **82** sind die zu dem jeweiligen Subsystem I und II gehörenden

den Prozeßrechner, die als Eingangsgrößen sämtliche Sensorwerte von den Winkelsensoren **30**, **31** und **32** und den Stromsensoren **33** und **34** liefert bekommen.

Über den hier nicht weiter spezifizierten Datenbus **35**, der auch die Eigenschaft der Fehlertoleranz aufweist, kommunizieren beide ECU 1 und ECU 2 **81**, **82** und überprüfen gegenseitig ihre Funktion, indem unter anderem jede ECU **81**, **82** neben ihrer eigenen Stellaufgabe auch die Stellaufgabe der jeweils anderen ECU mitrechnet. Durch Vergleich und Plausibilitätstest können sich so die ECUs gegenseitig überwachen. Als Eingangsgröße wird beiden ECU 1 **81** und ECU 2 **82** ein einer Soll-Position entsprechendes Signal **95** (Lenkaufgabe) von einem (nicht gezeigten) übergeordneten Fahrzeugrechner geliefert. Der übergeordnete Fahrzeugrechner ist nicht Gegenstand dieser Erfindung.

Jedes Subsystem I, II hat eine eigene Stromversorgungseinheit **91**, **92**, die die jeweiligen Komponenten der Subsysteme I, II mit Spannung versorgen.

Je nach Betriebsart (Normalbetrieb oder Notfunktion bei Defekt) einer ECU **81**, **82** einer SR 1, SR 2 **71**, **72**, einer LE 1, LE 2 **61**, **62**, eines Stellmotors M1, M2 **51**, **52** oder UG1, UG2 **41**, **42** und, je nach der verwendeten Stellstrategie, die in den ECUs definiert und gespeichert ist, können beide Subsysteme I und II die Lenkstellaufgabe vollständig allein oder teilweise gemeinsam lösen.

Bei Defekt von ECU 1 **81** kann ECU 2 **82** über das Busystem **35** SRI **71** ansteuern und durch sein Enable-Signal freischalten. Somit steuert ECU 2 **82** bei defekter ECU 1 **81** das Subsystem I vollständig allein oder teilweise gemeinsam mit dem Subsystem II an. Bei Defekt von SR2 **72**, LE2 **62**, M2 **52**, UG2 **42** oder dem Winkelsensor **32** kann ECU 2 **82** in der eben beschriebenen Weise das Subsystem I ansteuern, um die Lenkaufgabe zu erfüllen.

Bei Defekt von ECU 2 **82** kann ECU 1 **81** über das Busystem **35** SR 2 **72** ansteuern und dadurch dessen Enable freischalten. Somit steuert ECU 1 **81** bei defekter ECU 2 **82** das Subsystem II vollständig allein oder teilweise gemeinsam mit dem Subsystem I an. Bei defektem SR1 **71**, LE1 **61**, M1 **51**, UG1 **41** oder defektem Winkelsensor **31** des Subsystems I kann ECU 2 **82** in eben der beschriebenen Weise Subsystem II ansteuern, um die Lenkaufgabe zu erfüllen.

#### Patentansprüche

1. Lenksteller, insbesondere für die Steer-by-wire Anwendung in Kraftfahrzeugen, mit einem elektronischen Regel/Steuerwerk, das Lenksignale für einen elektrischen Stellmotor (**51**, **52**) erzeugt, der über ein Untersetzungsgetriebe (**41**, **42**) am Lenkstock einer gelenkten Achse angreift, wobei das Regel/Steuerwerk einen dem Stellmotor (**51**, **52**) über einen Stromregler (**71**, **72**) und eine Leistungsendstufe (**61**, **62**) Stellsignale zuführenden Prozeßrechner (**81**, **82**) aufweist, **durch gekennzeichnet**, daß das elektronische Regel/Steuerwerk mit dem Untersetzungsgetriebe (**41**, **42**) und dem Stellmotor (**51**, **52**) in zwei funktionell gleichartige Subsysteme (I, II) unterteilt ist, zur Erzeugung jeweils eines Stellsignals für den zugehörigen Stellmotor (**51**, **52**) die beiden von jedem Stellmotor (**51**, **52**) über das jeweilige Untersetzungsgetriebe (**41**, **42**) eingestellten Lenkwinkel durch ein gemeinsames an den Abtriebsseiten der Untersetzungsgetriebe (**41**, **42**) geschlossenes Überlagerungsgetriebe (**3**) überlagert werden und der resultierende Lenkwinkel dem Lenkstock zugeführt wird, und die beiden Subsysteme (I, II) so eingerichtet und untereinander funktionell so verbunden sind, daß sie einen fehlertoleranten Lenksteller bilden.

2. Lenksteller nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Subsystem (I, II) einen zwischen dem Untersetzungsgetriebe (**41**, **42**) und dem gemeinsamen Überlagerungsgetriebe (**3**) angeordneten Winkelsensor (**31**, **32**) zur Erfassung des jeweiligen vom Subsystem (I, II) eingestellten Winkels aufweist, und daß das vom jeweiligen Winkelsensor (**31**, **32**) entsprechend dem jeweils erfaßten Winkel erzeugte Winkel signal jedem Prozeßrechner (**81**, **82**) der beiden Subsystem (I, II) eingespeist wird.
3. Lenksteller nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiterer Winkelsensor (**30**) an der Abtriebsseite des Überlagerungsgetriebes (**3**) vorgesehen ist, wobei dessen den resultierenden Winkel angebendes Signal beiden Prozeßrechnern (**81**, **82**) eingespeist wird.
4. Lenksteller nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Winkelsensor (**30**, **31**, **32**) auf einem anderen physikalischen Meßprinzip beruht.
5. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Untersetzungsgetriebe (**41**, **42**) als selbsthemmende Getriebe ausgeführt sind, damit das von dem einen Stellmotor eingespeiste Motormoment nicht auf den anderen Stellmotor zurückwirkt und umgekehrt.
6. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Stellmotoren (**51**, **52**) in ihren Ausgangsmomenten jeweils so dimensioniert sind, daß sie die Lenkaufgabe vollständig allein lösen können.
7. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die den zugeordneten Stellmotor (**51**, **52**) jedes Subsystems (I, II) ansteuernde Leistungsendstufe (**61**, **62**) jeweils ein Freigabesignal (EN1, EN2) von beiden Prozeßrechnern (**81**, **82**) erhält, und daß das Freigabesignal von dem nicht zum betreffenden Subsystem (I, II) gehörenden Prozeßrechner (**81**, **82**) priorisiert ist.
8. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die durch jeden Stellmotor (**51**, **52**) fließende Ist-Stromstärke von je einem zugeordneten Stromsensor (**33**, **34**) erfaßbar ist, der dem Stromregler (**71**, **72**) ein der Ist-Stromstärke entsprechendes Signal zuleitet, und daß der Stromregler (**71**, **72**) aus der empfangenen Ist-Stromstärke und einer ihm zugeleiteten Motor-Soll-Stromstärke ein der Motor-Soll-Ankerspannung entsprechendes Signal erzeugt, das der jeweiligen Leistungsendstufe (**61**, **62**) eingegeben wird.
9. Lenksteller nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Stromsensoren (**33**, **34**) auf einem unterschiedlichen physikalischen Meßprinzip beruhen.
10. Lenksteller nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Sollstromstärke jedem Stromregler (**71**, **72**) wahlweise vom Prozeßrechner des eigenen Subsystems (I, II) oder, bei einem Notbetrieb vom Prozeßrechner des jeweils anderen Subsystems (II, I) zugeführt wird.
11. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Prozeßrechner (**81**, **82**) als Eingangsgrößen außer allen von den Sensoren des eigenen Subsystems erzeugten Sensorsignalen auch alle Sensorsignale des anderen Subsystems erhält.
12. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beide Prozeßrechner (**81**, **82**) durch einen fehlertoleranten Datenbus (**35**) miteinander verbunden sind und zur gegenseitigen

Überprüfung ihrer Funktionen miteinander kommunizieren.

13. Lenksteller nach Anspruch II oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Prozeßrechner (**81**, **82**) so eingerichtet ist, daß er neben der eigenen Stellaufgabe auch die Stellaufgabe des anderen Prozeßrechners mitrcchnet. 5

14. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Prozeßrechner (**81**, **82**) mit einem übergeordneten Fahrzeugsteuerwerk in Verbindung stehen und von diesem ein einer Soll-Lenkposition entsprechendes Signal erhalten. 10

15. Lenksteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Subsystem (**I**, **II**) eine eigene Stromversorgungseinheit (**91**, **92**) aufweist. 15

16. Lenksteller nach einem der Ansprüche 1–15, dadurch gekennzeichnet, daß die Untersetzungsgetriebe (**41**, **42**) vollständig oder teilweise in das Überlagerungsgetriebe (**3**) integriert sind. 20

17. Verwendung des Lenkstellers nach einem der Ansprüche 1–16 für ein fehlertolerantes Steer-by-wire Lenksystem, bei dem der Lenkwinkel vom Überlagerungsgetriebe über eine herkömmliche Spurstangenlenkung an die zu lenkenden Räder übertragen wird. 25

18. Verwendung des Lenkstellers nach einem der Ansprüche 1–16 für ein fehlertolerantes Steer-by-wire Lenksystem, bei dem der Lenkwinkel vom Überlagerungsgetriebe über eine herkömmliche Zahnstangenlenkung an die zu lenkenden Räder übertragen wird. 30

19. Verwendung des Lenkstellers nach einem der Ansprüche 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Überlagerungsgetriebe (**3**) dieselben Eigenschaften bezüglich Lebensdauer, MTBF usw. aufweist, wie Einrichtungen herkömmlicher Kraftfahrzeuglenkungen, bei denen der das Überlagerungsgetriebe enthaltende Lenksteller eingesetzt wird. 35

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

